

Optical fibre with large effective area and strong chromatic dispersion

Patent number: EP1030200
Publication date: 2000-08-23
Inventor: DE MONTMORILLON LOUIS-ANNE [FR]; NOUCHI PASCALE [FR]
Applicant: CIT ALCATEL [FR]
Classification:
- **international:** G02B6/22; G02B6/16; H04J14/02
- **europaen:** G02B6/16M; G02B6/22
Application number: EP20000400328 20000207
Priority number(s): FR19990002029 19990218

Also published as:

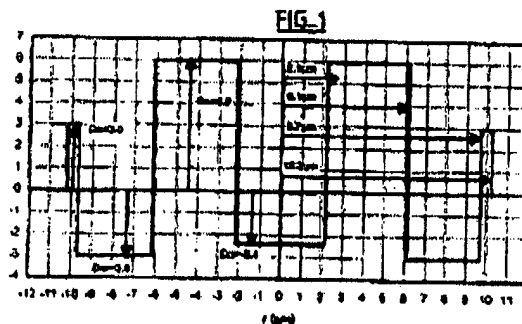
US6516123 (B)
FR2790108 (A)

Cited documents:

EP0883002
EP0779524
US5675888
WO9804841
EP0859247
more >>

Abstract of EP1030200

Optic fiber with wavelength of 1550 nm has effective surface larger than or equal to 100 square microns, chromatic dispersion larger than or equal to 14 ps/(nm.km), and sensitivity to microbending lower than or equal to 1. For a long wave of 1550 nm, the chromatic dispersion is less or equal to 21 ps/(nm.km). Refractive index profile is coaxial-type index profile with ring having, starting from center of fiber: first central section with slightly constant index; first annular section with index larger than index of sheath, and larger than index of central section. Both sections form coaxial profile. Around first annular section, fiber has buried section with index lower or slightly equal to index of sheath, then second annular section with index larger to index of sheath, forming ring around coaxial profile. An independent claim is also included for a transmission system



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 030 200 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
23.08.2000 Bulletin 2000/34

(51) Int. Cl.⁷: G02B 6/22, G02B 6/16,
H04J 14/02

(21) Numéro de dépôt: 00400328.1

(22) Date de dépôt: 07.02.2000

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: 18.02.1999 FR 9902029

(71) Demandeur: ALCATEL
75008 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• de Montmorillon, Louis-Anne
75017 Paris (FR)
• Nouchi, Pascale
78600 Maisons Laiffite (FR)

(74) Mandataire:
Laroche, Danièle et al
COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL
Dépt. Propriété Industrielle,
30, avenue Kléber
75116 Paris (FR)

(54) Fibre optique à grande surface effective et à forte dispersion chromatique

(57) L'invention propose une fibre optique, présentant, à une longueur d'onde de 1550 nm, une aire effective supérieure ou égale à $100 \mu\text{m}^2$, une dispersion chromatique comprise entre 14 et 21 ps/(nm.km), et une bonne résistance aux microcourbures.

Les caractéristiques de la fibre permettent de limiter les effets non linéaires, tout en conservant une puissance transmise suffisante pour des systèmes de transmission.

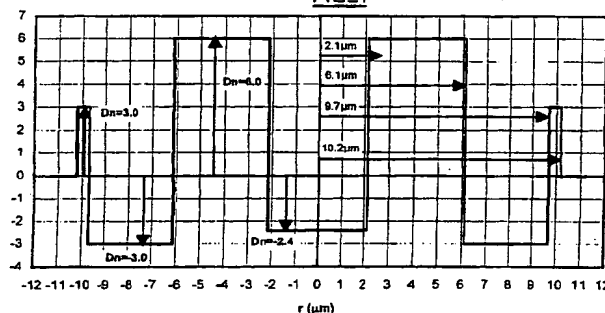
L'invention concerne aussi un système de transmission à fibre optique, utilisant comme fibre de ligne une telle fibre.

Le profil d'indice est un profil d'indice du type coaxial avec anneau, qui présente, en partant du centre de la fibre:

- une partie centrale d'indice sensiblement constant;
- une première partie annulaire d'indice supérieur à l'indice de la gaine, et supérieur à l'indice de la partie centrale, l'ensemble constituant une fibre à profil dit "coaxial".

Autour de la première partie annulaire, la fibre présente une partie enterrée d'indice inférieur ou sensiblement égal à celui de la gaine, puis une deuxième partie annulaire d'indice supérieur à celui de la gaine, formant un anneau autour du profil coaxial.

FIG. 1



EP 1 030 200 A1

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine des transmissions par fibre optique.

[0002] Pour des fibres optiques, on qualifie généralement le profil d'indice en fonction de l'allure du graphe de la fonction qui associe au rayon de la fibre l'indice de réfraction. On représente de façon classique sur les abscisses la distance r au centre de la fibre, et sur les ordonnées la différence entre l'indice de réfraction et l'indice de réfraction de la gaine de la fibre. On parle ainsi de profil d'indice en "échelon", en "trapèze" ou en "triangle" pour des graphes qui présentent des formes respectives d'échelon, de trapèze ou de triangle. Ces courbes sont généralement représentatives du profil théorique ou de consigne de la fibre, les contraintes de fabrication de la fibre pouvant conduire à un profil sensiblement différent.

[0003] Dans les nouveaux réseaux de transmission à hauts débits et multiplexés en longueurs d'onde, il est avantageux de gérer la dispersion chromatique, notamment pour des débits par canal supérieurs ou égaux à 10 Gbit/s; l'objectif est d'obtenir, pour toutes les valeurs de longueur d'onde du multiplex, une compensation chromatique cumulée sensiblement nulle sur la liaison, de sorte à limiter l'élargissement des impulsions. Une valeur cumulée de quelques centaines de ps/nm pour la dispersion est acceptable. Il est aussi intéressant d'éviter pour les longueurs d'onde utilisées dans le système les valeurs nulles de la dispersion chromatique, pour lesquelles les effets non-linéaires sont plus importants. Enfin, il est aussi intéressant de limiter la pente de dispersion chromatique sur la plage du multiplex de sorte à éviter ou limiter les distorsions entre les canaux du multiplex.

[0004] On utilise classiquement comme fibre de ligne pour les systèmes de transmission à fibres optiques des fibres à saut d'indice comme fibre de ligne. La demanderesse commercialise ainsi sous référence ASMF 200 une fibre monomode à saut d'indice présentant une longueur d'onde λ_0 d'annulation de la dispersion chromatique comprise entre 1300 et 1320 nm, et une dispersion chromatique de 3,5 ps/(nm.km) dans une plage de 1285-1330 nm, et de 17 ps/(nm.km) à 1550 nm. La pente de dispersion chromatique à 1550 nm est de l'ordre de 0,056 ps/(nm².km). Cette fibre présente en outre une surface effective de l'ordre de 80 μm^2 .

[0005] Sont aussi apparues sur le marché des fibres à dispersion décalée, ou DSF (acronyme de l'anglais "Dispersion shifted fibers"). Ces fibres sont telles qu'à la longueur d'onde de transmission à laquelle elles sont utilisées, qui est en général différente de la longueur d'onde de 1,3 μm pour laquelle la dispersion de la silice est sensiblement nulle, la dispersion chromatique est sensiblement nulle; c'est à dire que la dispersion chromatique de la silice, non nulle, est compensée - d'où l'emploi du terme décalé - par une augmentation de l'écart d'indice Δn entre le coeur de la fibre et la gaine optique. Cet écart d'indice permet de décaler la longueur d'onde pour laquelle la dispersion chromatique est nulle; il est obtenu par l'introduction de dopants dans la préforme, lors de la fabrication de celle-ci, par exemple par un processus de MCVD connu en soi, et qui n'est pas décrit plus en détail ici.

[0006] On qualifie de NZ-DSF (acronyme de l'anglais "non-zero dispersion shifted fibers") des fibres à dispersion décalée, présentant une dispersion chromatique non-nulle pour les longueurs d'onde auxquelles elles sont utilisées. Ces fibres présentent pour ces longueurs d'onde une dispersion chromatique faible, typiquement inférieure à 6 ps/(nm.km) à 1550 nm.

[0007] Un exemple de telles fibres est donné dans la demande de brevet français déposée le 05.10.98 par la demanderesse sous le numéro 98 12431 qui porte le titre "Fibre optique monomode à dispersion décalée à grande aire effective" (référence interne F°101783) et qui décrit une fibre, présentant une grande aire effective, typiquement supérieure à 100 μm^2 . La dispersion chromatique de la fibre dans cette demande, à 1550 nm, est voisine de 8 ps/(nm.km).

[0008] Il est connu que les effets non linéaires sont d'autant moins importants que la surface effective de la fibre est importante. Ainsi, M. Kato et autres, A new design for dispersion shifted fiber with an effective core area larger than 100 μm^2 and good bending characteristics, ThK1, OFC'98 Technical Digest, explique que les effets non linéaires dans les fibres pourraient devenir les limitations dominantes du point de vue de la capacité et de la distance de transmission pour des systèmes de transmission amplifiés à haute capacité et sur de longues distances. Ce document précise qu'une solution possible consiste à augmenter l'aire effective des fibres, ce qui permet d'obtenir une puissance supérieure et un intervalle plus important entre répéteurs. Ce document propose une fibre présentant un profil coaxial, entouré d'un piédestal, avec une aire effective de 146 μm^2 et une longueur d'onde λ_0 , pour laquelle la dispersion chromatique s'annule, de 1500 nm. La dispersion chromatique à 1550 nm est faible, et la pente de dispersion à cette longueur d'onde est de 0,09 ps/(nm².km).

[0009] US-A-5 675 690 propose une fibre optique monomode, dont le coeur présente une partie centrale d'indice inférieur à celui de la gaine, un anneau d'indice supérieur à celui de la gaine, et un anneau composite présentant une partie d'indice inférieur à celui de la gaine, et une partie d'indice supérieur à celui de la gaine. Dans ce document, la surface effective est de l'ordre de 85 μm^2 , et la dispersion chromatique s'annule pour une longueur d'onde de l'ordre de 1550 nm. Il s'agit d'une fibre DSF au sens de la définition donnée ci-dessus.

[0010] L'invention propose une fibre optique, qui présente à la fois une forte surface effective, et en même temps une valeur de dispersion chromatique qui soit de l'ordre de celle des fibres à saut d'indice connues. L'invention fournit ainsi une fibre qui transmet les signaux à une forte puissance, et dans laquelle les effets non linéaires sont limités.

[0011] Plus précisément l'invention propose une fibre optique, présentant pour une longueur d'onde de 1550 nm :

- une aire effective supérieure ou égale à $100 \mu\text{m}^2$;
- une dispersion chromatique supérieure ou égale à $14 \text{ ps}/(\text{nm.km})$
- une sensibilité aux micro-courbures inférieure ou égale à 1.

[0012] Avantageusement la fibre présente pour une longueur d'onde de 1550 nm une dispersion chromatique inférieure ou égale à $21 \text{ ps}/(\text{nm.km})$.

[0013] La fibre peut présenter pour une longueur d'onde de 1550 nm une pente de dispersion chromatique inférieure ou égale en valeur absolue à $0,07 \text{ ps}/(\text{nm}^2.\text{km})$.

[0014] Dans un mode de réalisation, la fibre présente pour une longueur d'onde de 1550 nm des pertes par courbures inférieures ou égales à 0,05 dB, et de préférence inférieures à 5.10^{-4} dB.

[0015] Dans un mode de réalisation, la fibre présente un profil d'indice coaxial entouré d'une partie enterrée.

[0016] Dans un autre mode de réalisation, la fibre présente un profil d'indice coaxial avec un anneau.

[0017] Dans encore un autre mode de réalisation, la fibre présente un profil d'indice à saut d'indice avec un anneau.

[0018] L'invention propose aussi un système de transmission à fibre optique à multiplexage en longueurs d'onde, comprenant comme fibre de ligne une telle fibre. Ce système comprend avantageusement de la fibre de compensation de dispersion.

[0019] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit de modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemple et en référence aux dessins annexés, qui montrent

- figures 1 à 7, des représentations schématiques de profils d'indice d'une fibre selon différents modes de réalisation de l'invention;
- figure 8, un graphe de la dispersion chromatique en fonction de la longueur d'onde pour les différents modes de réalisation de l'invention;
- figure 9, un graphe de la pente de dispersion chromatique en fonction de la longueur d'onde pour les différents modes de réalisation de l'invention.

[0020] L'invention propose une fibre, dans laquelle la surface effective est supérieure ou égale à $100 \mu\text{m}^2$, et qui présente en outre une dispersion chromatique à 1550 nm supérieure ou égale à $14 \text{ ps}/(\text{nm.km})$.

[0021] L'invention permet ainsi de conserver les avantages techniques apportés par l'utilisation de la fibre à saut d'indice connue, et notamment la diminution des effets non-linéaires du fait de la valeur importante de la dispersion chromatique, typiquement au-dessus de $14 \text{ ps}/(\text{nm.km})$.

[0022] Elle apporte en outre l'avantage d'une nette augmentation de la surface effective par rapport à cette fibre à saut d'indice connue. L'invention fournit ainsi une fibre qui transmet les signaux à une forte puissance, et dans laquelle les effets non linéaires sont limités.

[0023] Les caractéristiques préférées de la fibre de l'invention sont donc les suivantes:

- aire effective supérieure ou égale à $100 \mu\text{m}^2$, et de préférence à $105 \mu\text{m}^2$
- dispersion chromatique supérieure ou égale à $14 \text{ ps}/(\text{nm.km})$, et de préférence inférieure ou égale à $21 \text{ ps}/(\text{nm.km})$;
- pente de dispersion chromatique à 1550 nm inférieure en valeur absolue à $0,07 \text{ ps}/(\text{nm}^2.\text{km})$, de préférence voisine de $0,06 \text{ ps}/(\text{nm}^2.\text{km})$;
- sensibilité aux micro-courbures à 1550 nm inférieure ou égale à 1;
- pertes par courbure à 1550 nm inférieures ou égales à 0,05 dB, ou de préférence 5.10^{-4} dB.

[0024] De façon connue en soi, les pertes par courbure sont évaluées en mesurant les pertes induites dans une fibre par l'enroulement de 100 tours de la fibre autour d'un tambour de rayon 30 mm. La sensibilité aux micro-courbures est évaluée de façon relative, par rapport à la fibre commercialisée par la demanderesse sous la référence ASMF 200; on peut employer les méthodes de mesure de la sensibilité aux micro-courbures, connues en soi.

[0025] On donne dans la suite de la description en référence aux figures des exemples de profils de fibre permettant d'obtenir de telles valeurs. Les figures 1, 4 et 6 sont des exemples de fibres avec un profil coaxial avec anneau. Les figures 2, 3 et 5 sont des exemples de fibres avec un profil coaxial, entouré d'une partie enterrée. La figure 7 est un exemple de fibre avec un profil en rectangle avec anneau, ou encore profil à saut d'indice avec anneau.

[0026] Les figures 1, 4 et 6 montrent respectivement une représentation schématique du profil d'indice de différentes fibres selon un premier mode de réalisation de l'invention; dans ce mode de réalisation, le profil d'indice est un profil d'indice du type coaxial avec anneau, qui présente, en partant du centre de la fibre:

- une partie centrale d'indice sensiblement constant;
- une première partie annulaire d'indice supérieur à l'indice de la gaine, et supérieur à l'indice de la partie centrale,

l'ensemble constituant une fibre à profil dit "coaxial".

5 [0027] Autour de la première partie annulaire, la fibre présente une partie enterrée d'indice inférieur ou sensiblement égal à celui de la gaine, puis une deuxième partie annulaire d'indice supérieur à celui de la gaine, formant un anneau autour du profil coaxial.

10 [0028] Les valeurs d'indices et de rayons dans les différents exemples des figures 1, 4 et 6 sont données dans le tableau suivant. Les rayons sont donnés en micromètres, et les indices sont à multiplier par 10^{-3} . Les rayons r_1 , r_2 , r_3 et r_4 sont les rayons extérieurs respectifs de la partie centrale, de la première partie annulaire, de la partie enterrée, et de la deuxième partie annulaire. Les indices Δn_1 à Δn_4 sont les différences respectives de l'indice de la partie centrale, de la première partie annulaire, de la partie enterrée, et de la deuxième partie annulaire avec l'indice de la gaine de la fibre.

Rayons				
	r_1	r_2	r_3	r_4
figure 1	2,1	6,1	9,7	10,2
figure 4	1,9	6,4	9,6	10,7
figure 6	1,6	5,4	7,5	8,3

Indices ($\cdot 10^{-3}$)				
	Δn_1	Δn_2	Δn_3	Δn_4
figure 1	-2,4	6,0	-3,0	3,0
figure 4	-1,1	5,4	-3,8	2,7
figure 6	-1,2	5,9	-4,1	3,2

[0029] Ces divers modes de réalisation à profil coaxial plus anneau permettent d'obtenir des fibres selon l'invention, dont les caractéristiques sont données dans le tableau suivant, sur les lignes correspondantes

λ_{cth} (nm)	λ_0 (nm)	$dC/d\lambda$ ps/(nm ² .km)	C ps/(nm.km)	W02 (μ m)	S_{eff} (μ m ²)	PC (dB)	$S_{\mu c}$
1710	1323	0,065	17,4	5,2	131	$1,4 \cdot 10^{-4}$	1
1690	1299	0,063	19,4	5,4	131	$1,3 \cdot 10^{-4}$	0,95
1540	1314	0,060	17,3	5,1	104	$8,1 \cdot 10^{-4}$	1

50 [0030] Dans le tableau, λ_{cth} est la longueur d'onde de coupure théorique de la fibre. Dans la pratique, la longueur d'onde de coupure de la fibre en câble présente une valeur qui est plus faible que cette valeur théorique, de 200 à 400 nm. On constate de la sorte que les exemples de fibres de l'invention sont toujours monomodes en câble, dans la plage de longueur d'onde utile, par exemple entre 1530 et 1630 nm. λ_0 est la valeur de la longueur d'onde d'annulation de la dispersion chromatique. $dC/d\lambda$ est la pente de dispersion chromatique mesurée à 1550 nm, en ps/(nm².km). C est la dispersion chromatique mesurée à 1550 nm, en ps/(nm.km). W02 est le rayon de mode, S_{eff} l'aire effective, PC les pertes par courbures, et $S_{\mu c}$ la sensibilité aux micro-courbures, tous considérés à 1550 nm. On constate que les fibres des figures 1, 4 et 6 présentent les caractéristiques de propagation de l'invention.

[0031] Des variations sont possibles autour des valeurs de consigne des rayons et des indices données dans les

tableaux ci-dessus, et représentées aux figures 1, 4 et 6 tout en conservant les caractéristiques de propagation de l'invention. De façon générale, des variations des rayons de $\pm 10\%$ par rapport aux valeurs de consigne sont possibles. Des variations des indices de $\pm 0,5 \cdot 10^{-3}$ autour de la valeur de consigne sont possibles.

[0032] Les figures 2, 3 et 5 montrent des représentations schématiques du profil d'indice de fibres selon un deuxième mode de réalisation de l'invention; le profil de ces figures est un profil coaxial, entouré d'une partie enterrée. La fibre présente donc, en partant du centre:

- une partie centrale, d'indice sensiblement constant;
- une partie annulaire d'indice supérieur à l'indice de la gaine, et supérieur à l'indice de la partie centrale;
- une partie enterrée d'indice inférieur à celui de la gaine.

[0033] L'indice de la partie centrale peut être positif, comme dans l'exemple de la figure 3; il peut aussi être négatif comme dans les exemples des figures 2 et 5.

[0034] Les valeurs d'indice et de rayon dans les différents exemples des figures 2, 3 et 5 sont données dans le tableau suivant. Les rayons sont donnés en micromètres, et les indices sont à multiplier par 10^{-3} . Les rayons r_1 , r_2 et r_3 sont les rayons extérieurs respectifs de la partie centrale, de la partie enterrée et de la partie annulaire. Les indices Δn_1 à Δn_3 sont les différences respectives de l'indice de la partie centrale, de la partie annulaire et de la partie enterrée avec l'indice de la gaine de la fibre.

	r_1	r_2	r_3	Δn_1	Δn_2	Δn_3
figure 2	2,3	5,9	9,6	-0,9	6,2	-1,9
figure 3	2,3	6,2	10,1	0,6	5,6	-2,0
figure 5	1,9	5,1	8,3	-0,6	6,4	-1,3

[0035] Comme dans le cas des figures 1, 4 et 6, des variations autour de ces valeurs de consigne sont possibles. Une tolérance de $\pm 10\%$ sur les valeurs des rayons, et de $\pm 0,5 \cdot 10^{-3}$ sur les valeurs des indices est appropriée.

[0036] Ces divers modes de réalisation à profil coaxial plus anneau permettent d'obtenir des fibres selon l'invention, dont les caractéristiques sont données dans le tableau suivant, sur les lignes correspondantes

λ_{cth} (nm)	λ_0 (nm)	$dC/d\lambda$ ps/(nm ² .km)	C ps/(nm.km)	W02 (μ m)	S_{eff} (μ m ²)	PC (dB)	$S_{\mu c}$
1700	1326	0,065	17,4	5,3	130	$1,4 \cdot 10^{-4}$	0,99
1700	1303	0,064	19,4	5,6	133	$1,0 \cdot 10^{-4}$	0,95
1550	1322	0,064	17,4	5,1	107	$3,8 \cdot 10^{-4}$	0,96

[0037] On constate de nouveau que les fibres des figures 2, 3 et 5 satisfont les caractéristiques de propagation préférées.

[0038] La figure 7 montre un exemple de profil d'indice selon un troisième mode de réalisation de l'invention. Le profil d'indice de la figure 7 est un profil en rectangle avec anneau, appelé aussi profil à saut d'indice avec anneau. En partant du centre, la fibre présente:

- une partie centrale d'indice supérieur à l'indice de la gaine;
- une partie enterrée d'indice inférieur à celui de la gaine;
- une partie annulaire d'indice supérieur à l'indice de la gaine.

[0039] Les rayons extérieurs r_1 à r_3 de ces parties sont les suivants:

$$\begin{aligned} r_1 &= 5,0 \mu\text{m}; \\ r_2 &= 6,2 \mu\text{m}; \\ r_3 &= 8,2 \mu\text{m}. \end{aligned}$$

[0040] Les différences entre les indices de ces différentes parties et l'indice de la gaine de la fibre sont les suivantes:

$$\begin{aligned}\Delta n_1 &= 4,9 \cdot 10^{-3}; \\ \Delta n_2 &= -2,9 \cdot 10^{-3}; \\ \Delta n_1 &= 3,2 \cdot 10^{-3}.\end{aligned}$$

[0041] De nouveau, on peut obtenir les caractéristiques de propagation de l'invention dans des plages autour de ces valeurs de consigne. Comme dans les autres modes de réalisation, des variations de $\pm 10\%$ autour des valeurs de consigne des rayons et des variations de $\pm 0,5 \cdot 10^{-3}$ autour des valeurs d'indice sont acceptables.

[0042] Ces valeurs permettent d'obtenir une fibre présentant les caractéristiques suivantes:

- longueur d'onde de coupure théorique λ_{cth} : 1710 nm
- longueur d'onde λ_0 d'annulation de la dispersion chromatique : 1310 nm;
- pente de dispersion chromatique à 1550 nm : 0,062 ps/(nm².km);
- dispersion chromatique à 1550 nm : 17,4 ps/(nm.km);
- rayon de mode W_{02} à 1550 nm : 5,7 μm ;
- aire effective à 1550 nm : 100 μm^2 ;
- atténuation du fait des courbures : $3,3 \cdot 10^{-4}$ dB;
- sensibilité aux micro-courbures à 1550 nm : 0,91.

[0043] Comme dans les modes de réalisation précédents, la fibre du troisième mode de réalisation présente les caractéristiques de propagation préférées de l'invention.

[0044] La figure 8 montre un graphe de la dispersion en fonction de la longueur d'onde pour les différentes fibres selon l'invention; on a porté à la figure en ordonnée la longueur d'onde en μm , entre 1,5 et 1,6 μm . On a porté en abscisse la dispersion chromatique à 1550 nm, en ps/(nm.km). La figure montre les variations de la dispersion en fonction de la longueur d'onde pour les différentes fibres décrites plus haut. On constate sur la figure que la dispersion chromatique est comprise entre 17 et 20 ps/(nm.km) à 1550 nm pour toutes les fibres, et reste comprise entre 14 et 23 ps/(nm.km) pour des valeurs de longueur d'onde comprises entre 1500 et 1600 nm, pour toutes les fibres données à titre d'exemple.

[0045] La figure 9 montre un graphe de la pente de dispersion en fonction de la longueur d'onde pour les différentes fibres données à titre d'exemple. Est portée en abscisse la longueur d'onde en micromètres, et en ordonnée la pente de la dispersion chromatique en ps/(nm².km). Les différentes courbes donnent les variations de la pente de dispersion chromatique, en fonction de la longueur d'onde, pour les différentes fibres décrites plus haut.

[0046] On constate sur la figure que la pente de la dispersion chromatique à 1550 nm reste dans tous les cas comprise entre 0,06 et 0,066 ps/(nm².km). Entre 1500 et 1600 nm, la pente de dispersion chromatique des différentes fibres de l'invention reste comprise entre 0,056 et 0,07 ps/(nm².km).

[0047] L'invention peut être fabriquée par l'homme du métier à l'aide de techniques connues, comme le MCVD ou les autres techniques couramment utilisées pour la fabrication des fibres optiques.

[0048] Elle s'applique notamment à la réalisation de systèmes de transmission à fibre optique, dans lesquels la fibre de l'invention peut servir de fibre de ligne. On peut alors prévoir aussi de la fibre de compensation de dispersion (DCF) dans le système.

[0049] Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée aux exemples et modes de réalisation décrits et représentés, mais elle est susceptible de nombreuses variantes accessibles à l'homme de l'art. Il est clair que les profils des figures 1 à 7 ne sont donnés qu'à titre d'exemple, et que d'autres profils peuvent permettre d'obtenir des fibres présentant les caractéristiques de l'invention.

Revendications

1. Une fibre optique, présentant pour une longueur d'onde de 1550 nm :

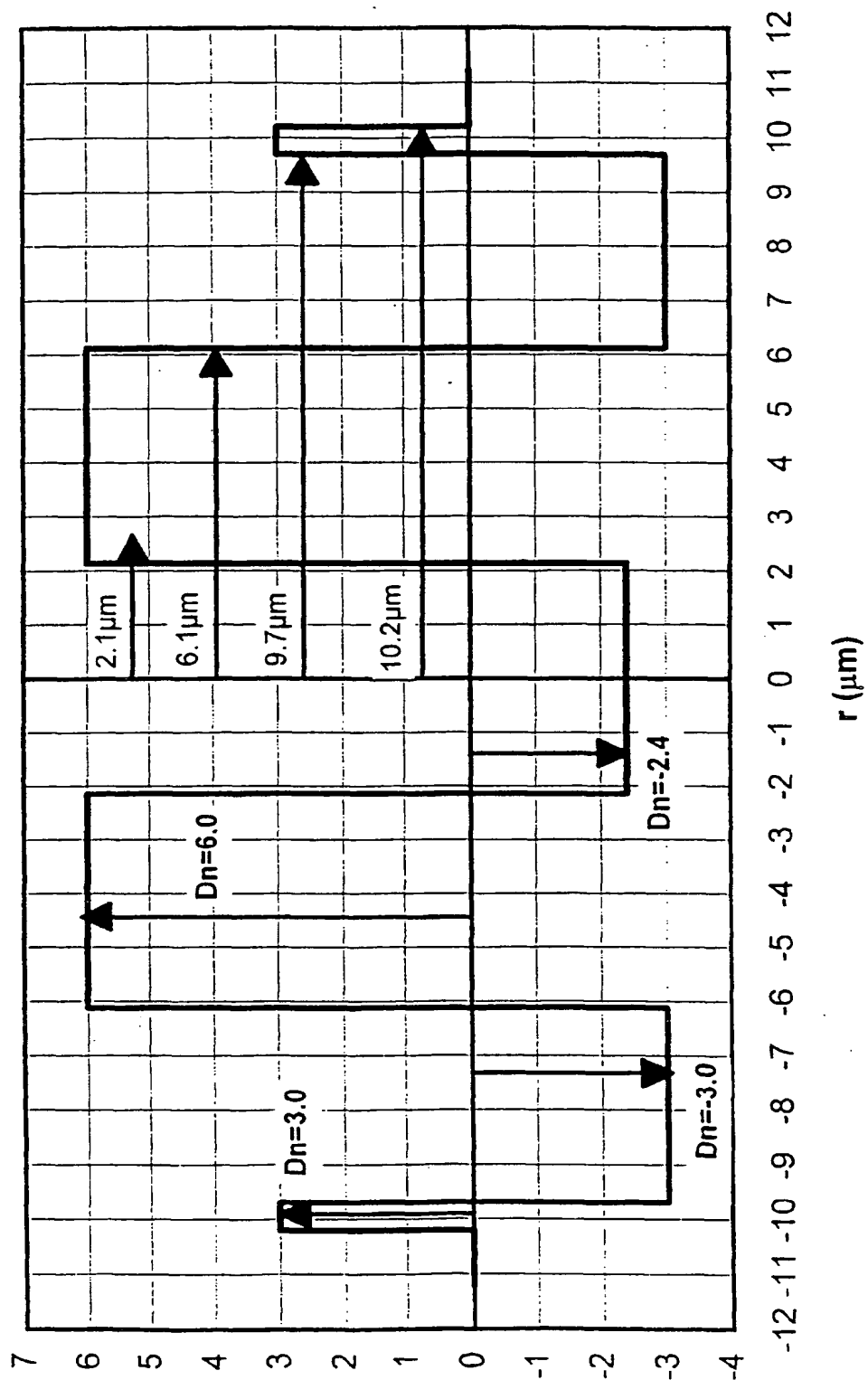
- une aire effective supérieure ou égale à 100 μm^2 ;
- une dispersion chromatique supérieure ou égale à 14 ps/(nm.km)
- une sensibilité aux micro-courbures inférieure ou égale à 1.

2. La fibre selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle présente pour une longueur d'onde de 1550 nm une dispersion chromatique inférieure ou égale à 21 ps/(nm.km).

EP 1 030 200 A1

3. La fibre selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisée en ce qu'elle présente pour une longueur d'onde de 1550 nm une pente de dispersion chromatique inférieure ou égale en valeur absolue à $0,07 \text{ ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$.
4. La fibre selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce qu'elle présente pour une longueur d'onde de 1550 nm des pertes par courbures inférieures ou égales à 0,05 dB, et de préférence inférieures à $5 \cdot 10^{-4} \text{ dB}$.
5. La fibre selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que son aire effective à 1550 nm est supérieure ou égale à $105 \mu\text{m}^2$.
6. La fibre selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle présente un profil d'indice coaxial entouré d'une partie enterrée.
7. La fibre selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle présente un profil d'indice coaxial avec un anneau.
8. La fibre selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle présente un profil d'indice à saut d'indice avec un anneau.
9. Un système de transmission à fibre optique à multiplexage en longueurs d'onde, comprenant comme fibre de ligne de la fibre selon l'une des revendications 1 à 8.
10. Le système selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend en outre de la fibre de compensation de dispersion.

FIG_1



FIG_2

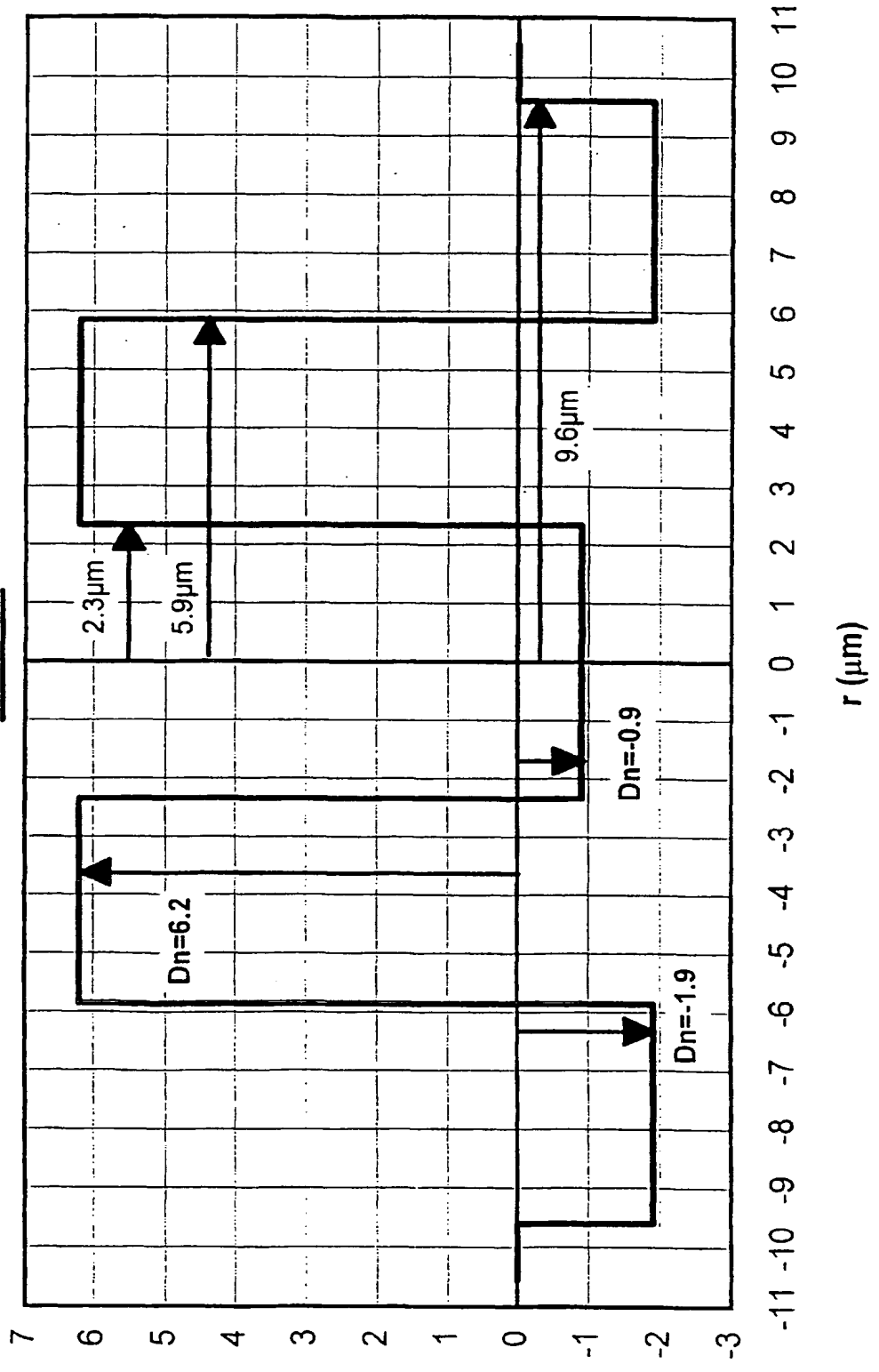


FIG. 3

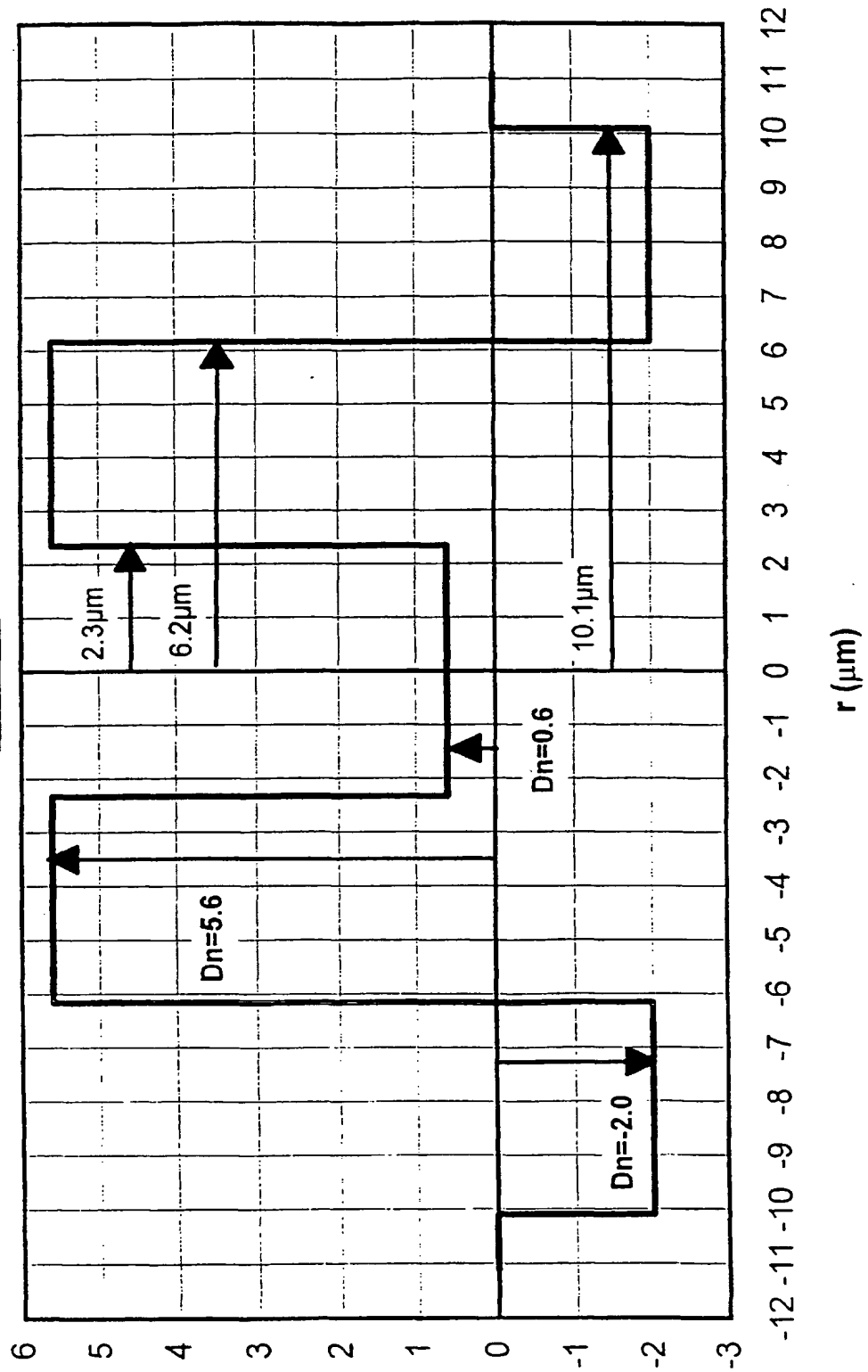


FIG. 4

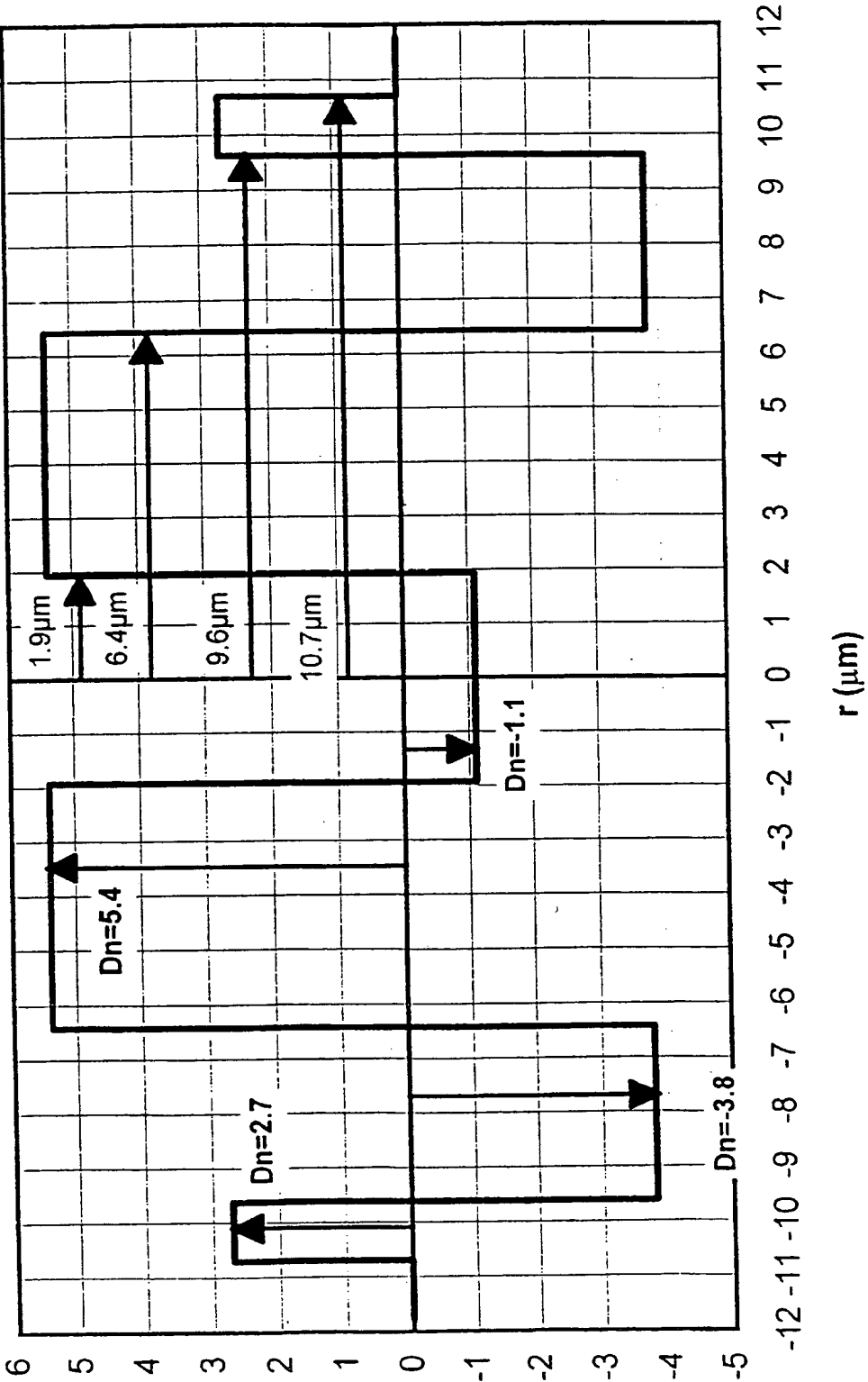
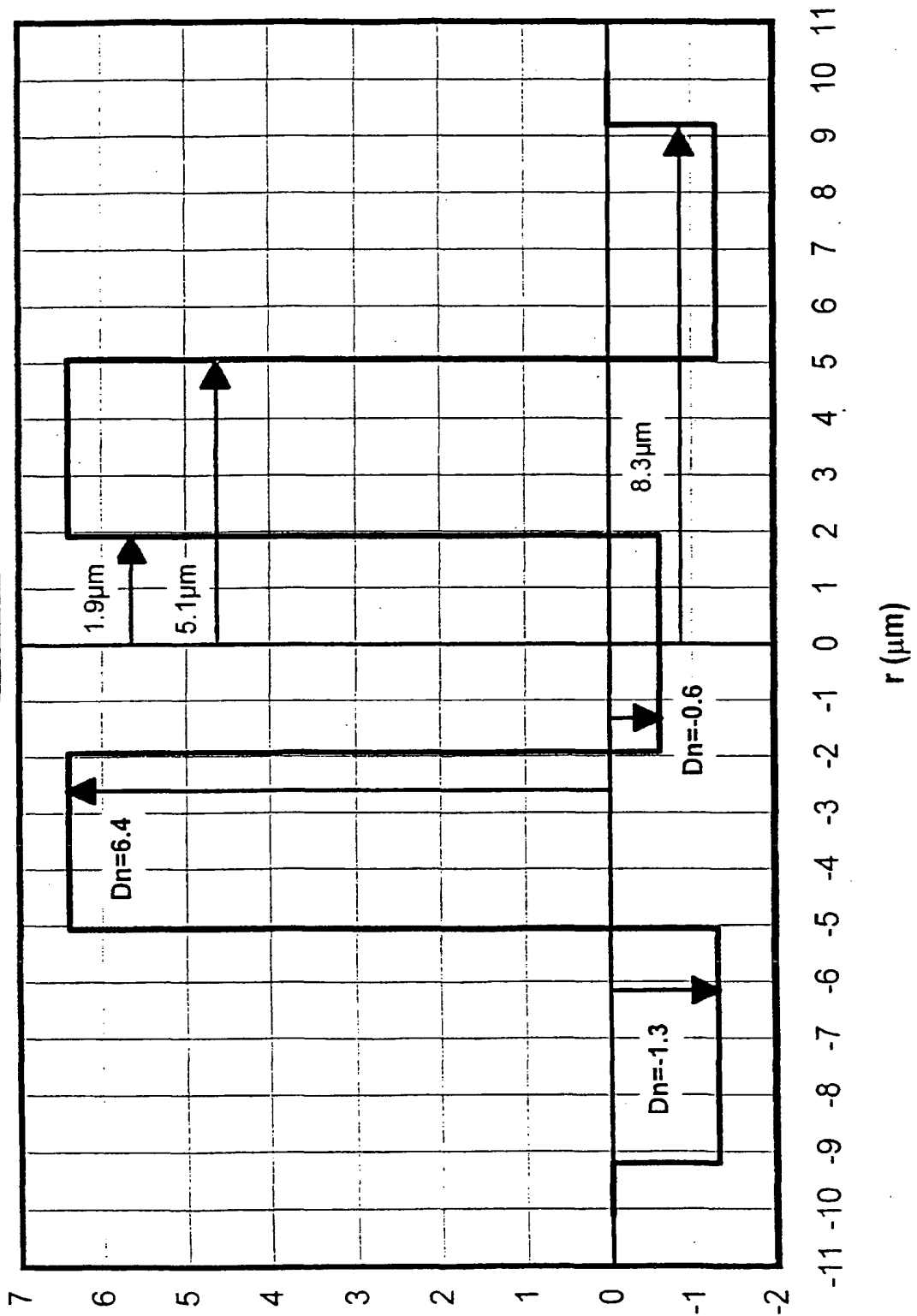


FIG-5



FIG_6

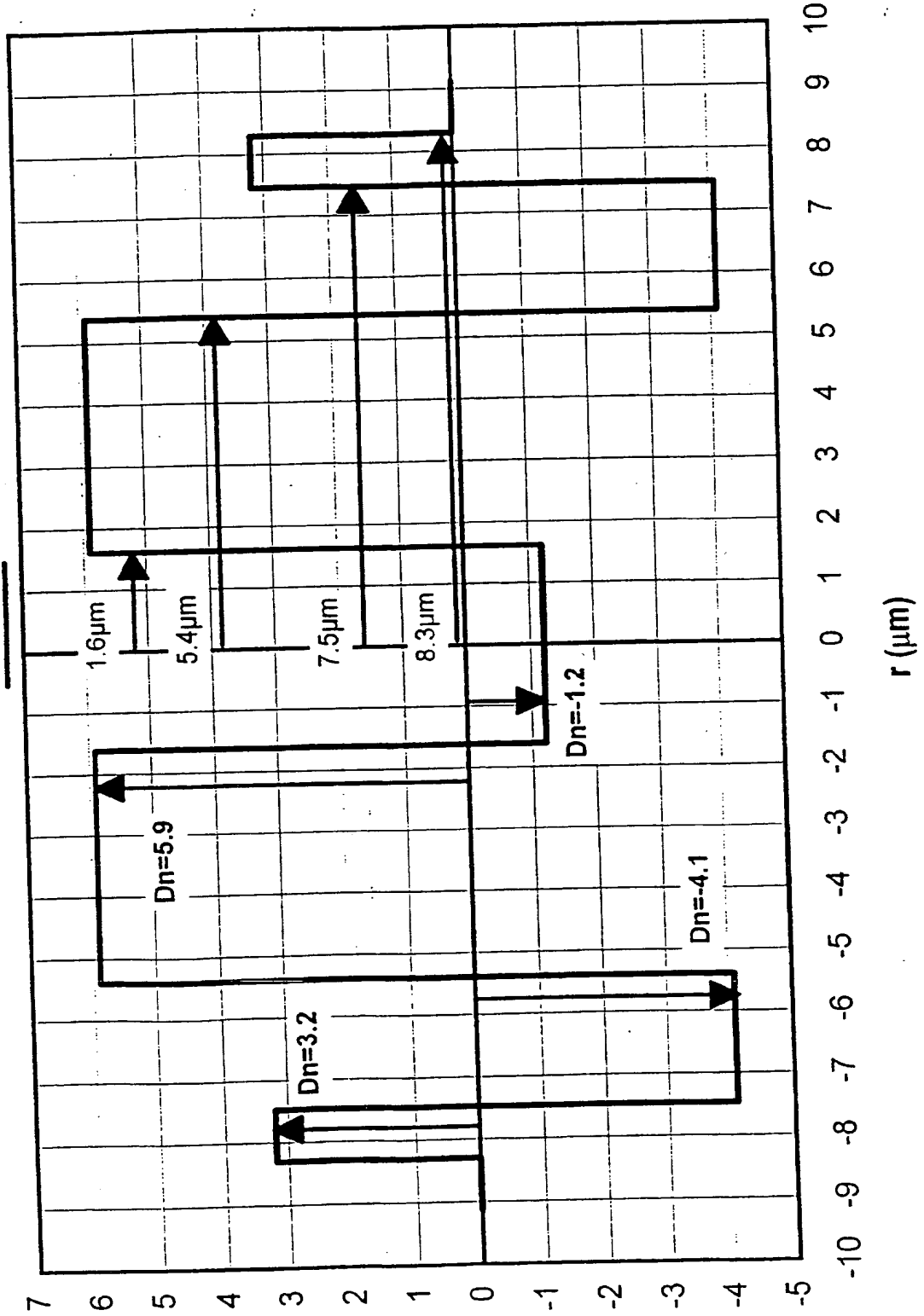
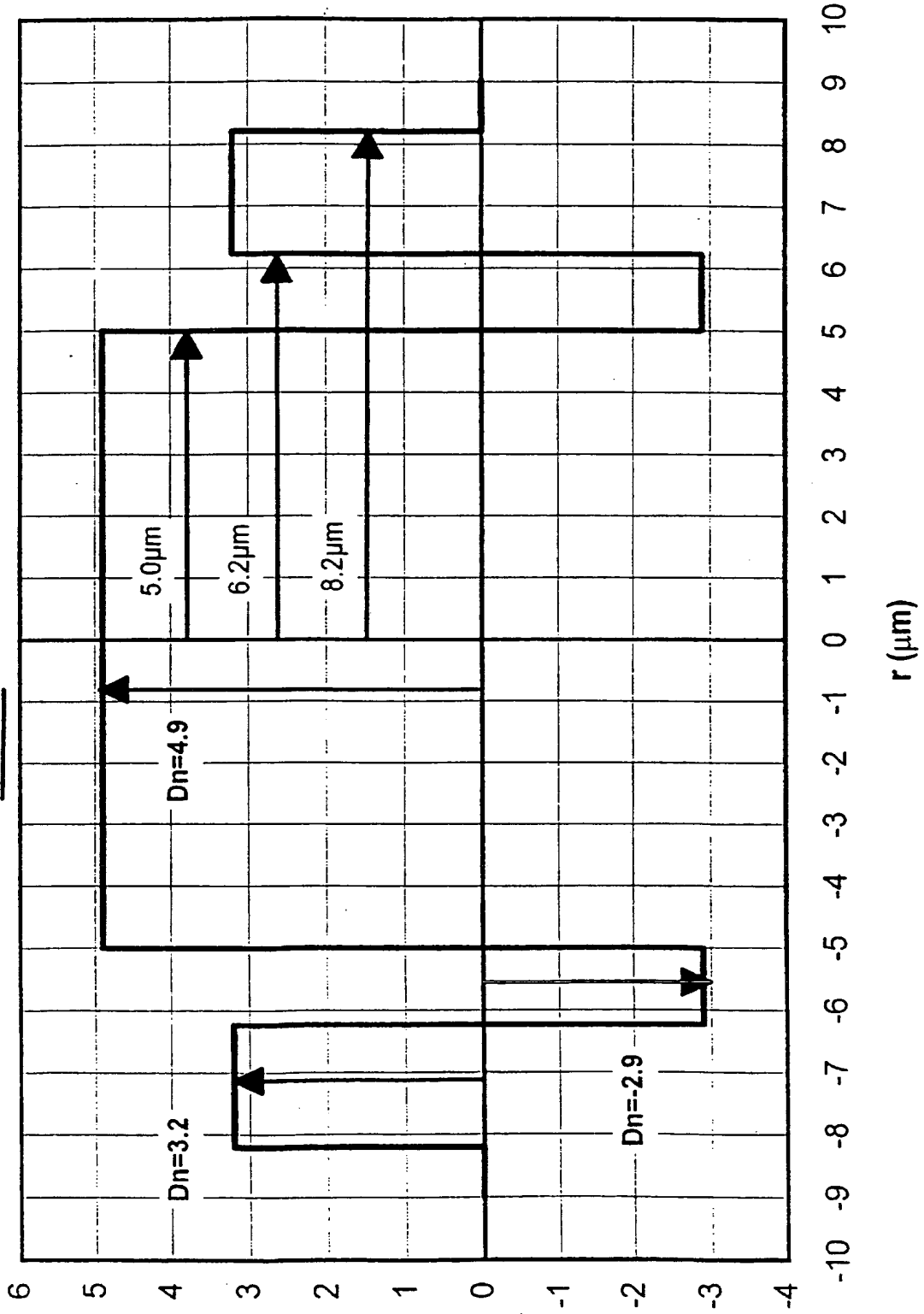


FIG. 7



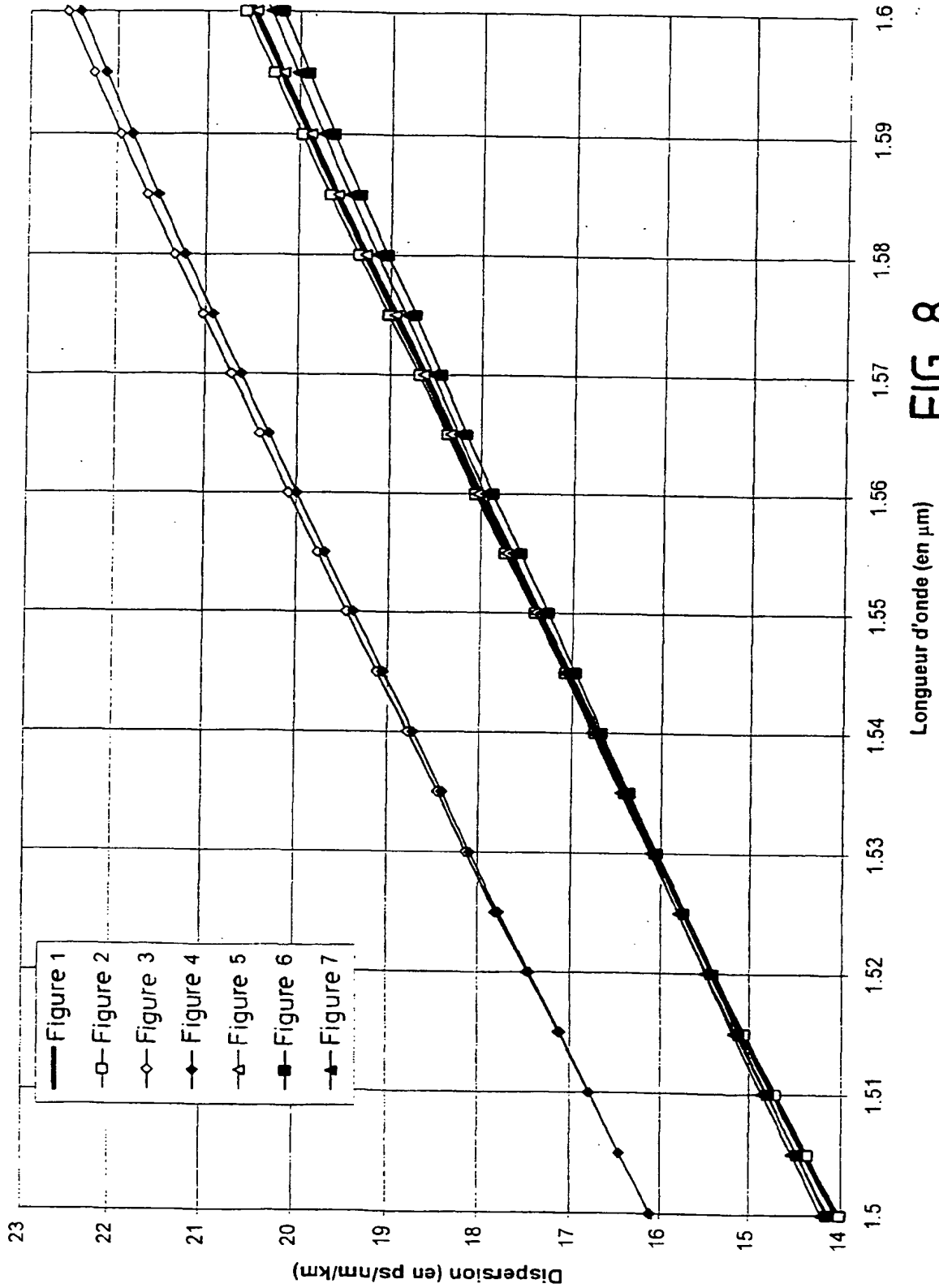


FIG-8

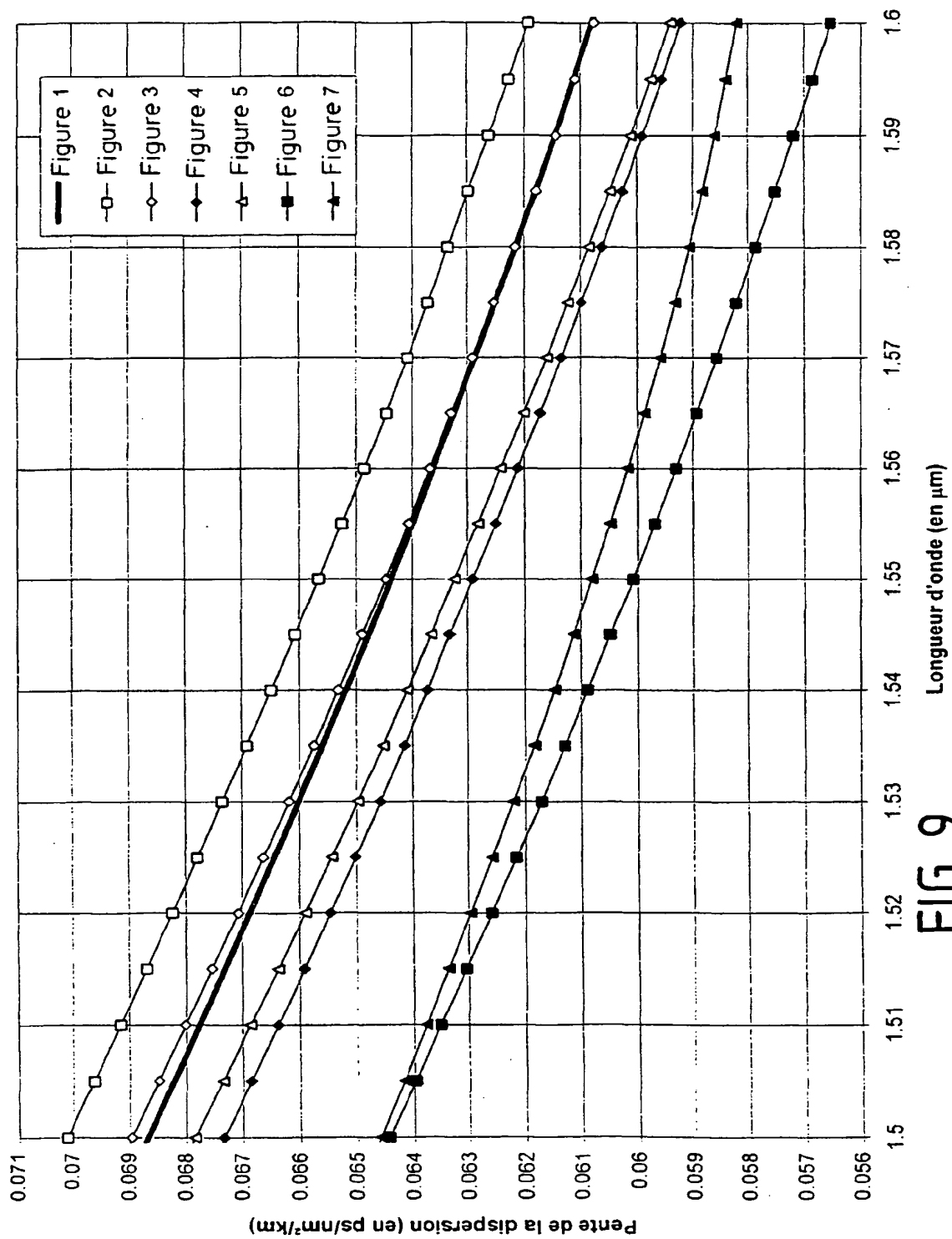


FIG-9



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 00 40 0328

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IntCl7)
A	EP 0 883 002 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 9 décembre 1998 (1998-12-09) * page 2 - page 5 * * page 6, ligne 1 - ligne 3 * * page 6, ligne 47 - ligne 54 * * figures 1-5,7 *	1-4,6,7,9	G02B6/22 G02B6/16 H04J14/02
A	EP 0 779 524 A (CORNING INC) 18 juin 1997 (1997-06-18) * page 2, ligne 5 - ligne 59 * * page 3, ligne 1 - ligne 3 * * page 5, ligne 5 - ligne 55 * * revendication 6; figures 3,4 *	1,4,5	
A	US 5 675 688 A (NOUCHI PASCALE ET AL) 7 octobre 1997 (1997-10-07) * le document en entier *	1,4,7,8	
A	WO 98 04941 A (CORNING INC ; LIU YANMING (US); ANTOS A JOSEPH (US); BERKEY GEORGE) 5 février 1998 (1998-02-05) * page 4, ligne 28 - ligne 30 * * page 5, ligne 1 - ligne 30 * * page 6, ligne 13 - ligne 30 * * page 7, ligne 1 - ligne 27 * * page 8, ligne 27 - ligne 31 * * page 9, ligne 1 - ligne 31 * * figures 1-3 *	1,7,9,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IntCl7) G02B H04J
A	EP 0 859 247 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 19 août 1998 (1998-08-19) * colonne 1, ligne 49 - ligne 58 * * colonne 2, ligne 1 - ligne 10 * * colonne 17, ligne 23 - ligne 58 * * colonne 18, ligne 1 - ligne 58 * * figures 15,16 *	1-3,7,9	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 17 mai 2000	Examineur Mathyssek, K
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : antérie-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03 82 (P04C02)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 00 40 0328

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. CL.7)
A,D	M.KATO ET AL : "Anew design for dispersion-shifted fiber with an effective core area larger than 100um ² and good bending characteristics" OFC'98 OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE, vol. 2, 22 - 27 février 1998, pages 301-302, XP002137955 San Jose, CA,USA * le document en entier *	1	
A,D	D.BAYART ET AL : "50-GHz channel- spacing analysis in nx2.5GHz/s systems" OFC'98 OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE, 22 - 27 février 1998, pages 122-123, XP002137956 San Jose, CA,USA * le document en entier *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL.7)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 17 mai 2000	Examineur Mathyssek, K
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 00 40 0328

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

17-05-2000

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0883002 A	09-12-1998	US 5878182 A	02-03-1999
		AU 711776 B	21-10-1999
		AU 6993898 A	10-12-1998
		BR 9801775 A	14-09-1999
		CA 2237282 A	05-12-1998
		CN 1201913 A	16-12-1998
		JP 11052161 A	26-02-1999
EP 0779524 A	18-06-1997	US 5715346 A	03-02-1998
		AU 7417996 A	19-06-1997
		BR 9605852 A	25-08-1998
		CA 2192425 A	16-06-1997
		CN 1160214 A	24-09-1997
		JP 9274118 A	21-10-1997
US 5675688 A	07-10-1997	FR 2724234 A	08-03-1996
		EP 0746786 A	11-12-1996
		EP 0749024 A	18-12-1996
		FI 961890 A	07-06-1996
		FI 963697 A	18-09-1996
		WO 9607942 A	14-03-1996
		JP 9281354 A	31-10-1997
		JP 9505909 T	10-06-1997
		US 5659649 A	19-08-1997
WO 9804941 A	05-02-1998	AU 714957 B	13-01-2000
		AU 3798397 A	20-02-1998
		BR 9706588 A	20-07-1999
		CA 2221737 A	31-01-1998
		CN 1198219 A	04-11-1998
		EP 0857313 A	12-08-1998
		JP 11507445 T	29-06-1999
EP 0859247 A	19-08-1998	AU 5390598 A	20-08-1998
		CA 2229280 A	12-08-1998
		JP 2976959 B	10-11-1999
		JP 11072640 A	16-03-1999

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.